



Т.Г. ПОПАДЮК
Доктор экон. наук,
профессор Департамента
менеджмент ФГОБУ
ВО «Финансовый
университет
при Правительстве
Российской Федерации». Область научных
интересов:
инновационное
развитие России,
в частности в сфере
электроэнергетики.

E-mail: popadyukt@rambler.ru

СТИМУЛИРОВАНИЕ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

АННОТАЦИЯ

Развитие распределенной энергетики в России и мире может значительно повысить эффективность функционирования электроэнергетического комплекса за счет использования новых технологий. Существующие механизмы сопряжены с угрозой утратить имеющиеся компетенции в производстве отечественного оборудования для распределенной энергетики и рисками формирования рынка исключительно для иностранных производителей. Проведен анализ мер стимулирования распределенной энергетики, в частности объектов на основе возобновляемых источников энергии с учетом перспектив инновационного развития, выявлены сопутствующие проблемы, предложены способы их решения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

РАСПРЕДЕЛЕННАЯ ЭНЕРГЕТИКА, ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ, МЕХАНИЗМЫ СТИМУЛИРОВАНИЯ, ИННОВАЦИИ, ДОГОВОРЫ ПОСТАВКИ МОЩНОСТИ.

ВВЕДЕНИЕ

Тепловая и электрическая энергия занимает значительную долю в стоимости готовой продукции, соответственно, стремление снизить стоимость производимой и потребляемой энергии побуждает активно заниматься внедрением различных новшеств. Инновационное развитие электроэнергетики является одним из основных приоритетов государственной политики развитых стран. Одним из направлений инновационного развития энергосистем являются технологии распределенной энергетики.

Данный сегмент электроэнергетики существует с начала XX века, когда формировалась отечественная энергетика в целом. В дальнейшем был сделан выбор в пользу крупных электростанций, которые по своим технико-экономическим характеристикам превосходили объекты генерации небольшой мощности, и появились системы передачи электроэнергии. Объекты распределенной энергетики фактически существовали только в труднодоступных местах, где присоединение потребителей к централизованной электрическим сетям экономически нецелесообразно. Источниками

энергии для объектов распределенной энергетики могут являться природный газ, уголь, твердые бытовые отходы, возобновляемые источники (солнце, вода, ветер и др.).

Распределенная энергетика предполагает, что небольшие, до 25 МВт, электростанции потребителей включены в единую энергетическую систему или работают автономно. За рубежом практикуются другие ограничения по мощности – от 1 МВт в Италии до 100 МВт в Словакии и Венгрии [Bayod Rujula A. A., 2005; Трачук А.В., Линдер Н.В., 2018]. На сегодняшний день распределенная энергетика востребована во многих областях: на труднодоступных территориях, в ЖКХ, у мобильных потребителей, а также на промышленных предприятиях, требующих специальных характеристик используемой энергии, и др. Распределенная энергетика включает следующие технологии:

- газопоршневые и дизельные установки;
- газотурбинные и парогазовые установки;
- установки прямого сжигания и газификации углей и твердых бытовых отходов;
- солнечные батареи;
- ветряные турбины;
- гидротурбины малой мощности;

- тепловые насосы;
- технологии накопления энергии;
- технологии интеллектуальных сетей;
- прочие (использование атомной энергии, топливные элементы на природном и генераторном газе и др.) [Налбандян Г.Г., Жолнерчик С.С., 2018].

По различным оценкам в России доля распределенной энергетики составляет порядка 5–7% [Hannes B., Abbott M., 2013; Распределенная энергетика, 2015; Ховалова Т.В., 2017]. Отсутствие закреплённого определения и классификации приводит к отсутствию статистического учета такого рода объектов. Тем не менее сам сегмент растет, об этом свидетельствует увеличение инвестиций в основной капитал объектов промышленных блок-станций потребителей (рис. 1), причем они оказались больше, чем в электроэнергетике в целом. По прогнозу компании GeneralElectric, к 2022 году по всему миру введение новых мощностей на 42% будет обеспечивать распределенная энергетика (рис. 2).

Мировой опыт свидетельствует о том, что развитие энергосистем на основе распределенной энергетики не только решает тривиальные задачи энергоснабжения удаленных потребителей, но и является одним из наиболее актуальных инновационных направлений. За счет использования новых технологий она может значительно повысить эффективность функционирования электроэнергетического комплекса [см., например: Трачук А.В., Линдер Н.В., Зубакин В.А. и др., 2017].

За рубежом распределенная энергетика представляет собой преимущественно объекты на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ). По данным Bloomberg New Energy Finance, к 2040 году 72% инвестиций в новую генерацию будет приходиться на мощности, которые используют энергию солнца и ветра. Стимулирование развития технологий ВИЭ привело к тому, что по стоимости электроэнергии такие объекты генерации сравнялись с традиционными источниками энергии, в некоторых условиях она даже оказалась меньше. В целом снижение стоимости

Рис. 1. Динамика инвестиций в основной капитал по видам деятельности [Федеральная служба, [б.г.]]



производства электроэнергии на солнечных панелях с 2009 по 2017 год снизилась на 67%, а на ветряных турбинах – на 86% [Lazard's levelized cost, 2017]. Возможно, к 2050 году мировая энергетическая система будет на 100% состоять из возобновляемых источников энергии и при этом стоимость производимой электроэнергии будет дешевле, чем сегодня [Energy watch group, 2017].

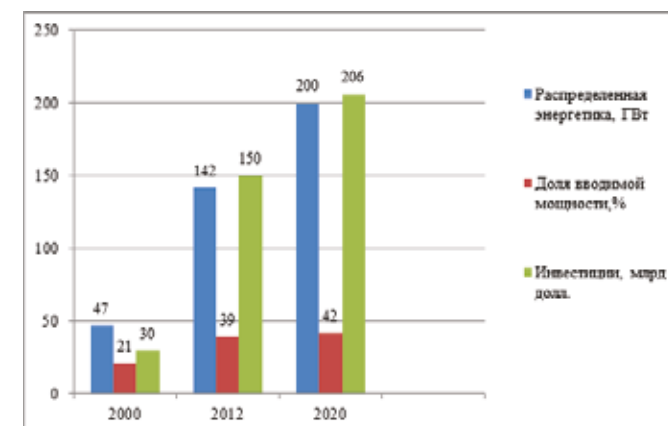
Такие достижения в области ВИЭ стали возможны благодаря тому, что многие страны проводят политику, которая предполагает субсидирование крупномасштабного применения технологий посредством установления специальных тарифов, налоговых льгот и других механизмов. Основная идея заключается в использовании эффектов обучения и инвестиций в обучение, а также снижении стоимости оборудования и увеличении объемов выпуска [Rubin E.S., 2015]. Также предполагается субсидирование расширенного внедрения инноваций, пока они не станут полностью конкурентоспособными по сравнению с традиционными технологиями.

АНАЛИЗ МЕР СТИМУЛИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В РОССИИ

Поддержка развития ВИЭ в России началась только в последние годы. Установлен целевой показатель объема производства и потребления электрической энергии с использованием возобновляемых источников энергии (кроме гидроэлектростанций установленной мощностью более 25 МВт) – 4,5% [Распоряжение, 2009].

Развитие распределенной энергетики в России закреплено в нормативных документах [Энергетическая стратегия, 2009; Проект энергостратегии, 2017]. Определена государственная поддержка внедрения генерирующих объектов на основе ВИЭ [Постановление, 2013; Постановление, 2015; План, 2017]. Детальный анализ указанных постановлений был проведен в ряде работ [Новая схема, 2013; Жихарев А., 2017; Зубакин В.А., Ковшов Н.М., 2015]. Предметом их исследования являлись недостатки практической реализации механизмов внедрения объектов ВИЭ, что остается за скобками настоящей работы.

Рис. 2. Прогнозы ввода распределенной генерации в мире [Owens B., 2014]



Введен механизм стимулирования производства электрической энергии на оптовом рынке электрической энергии и мощности через договоры о предоставлении мощности (ДПМ) квалифицированными генерирующими объектами, функционирующими на основе использования возобновляемых источников энергии [Постановление, 2013]. ДПМ заключаются для того, чтобы гарантировать повышенную плату за электрическую мощность для объектов ВИЭ, которая позволяет достигнуть окупаемости инвестиций. Механизм ДПМ полноценно функционирует на оптовом рынке.

При отборе проектов основными критериями являются капитальные затраты, коэффициент использования мощности, предельные значения которых установлены нормативно, уровень локализации используемого оборудования. Целевые показатели степени локализации объектов ВИЭ, представлены в табл. 1. По состоянию на ноябрь 2017 года было отобрано 2452,06 МВт от ветроэлектростанций (ВЭС), 1704,2 МВт от солнечных электростанций (СЭС), 120,2 МВт от малых гидроэлектростанций (ГЭС). Фактический отбор проектов ВЭС и СЭС практически полностью покрывает выделенные квоты (на 91 и 97% соответственно), в то время как ГЭС значительно отстают: доля отобранных проектов составляет 34%. На рис. 3 приведена информация о планируемых к вводу и фактически отобранных по состоянию на 2017 год объектах ВИЭ,

Таблица 1

Уровень локализации производства оборудования

Источник для электрогенерации генерирующего объекта	Год ввода объекта в эксплуатацию	Целевой показатель степени локализации, %
Энергия ветра	2015–2016	25
	2017	40
	2018	55
	2019–2024	65
Фотоэлектрическое преобразование энергии солнца	2014–2015	50
	2016–2024	70
Энергия вод*	2014–2015	20
	2016–2017	45
	2018–2024	65
*Мощность объекта менее 25 МВт.		

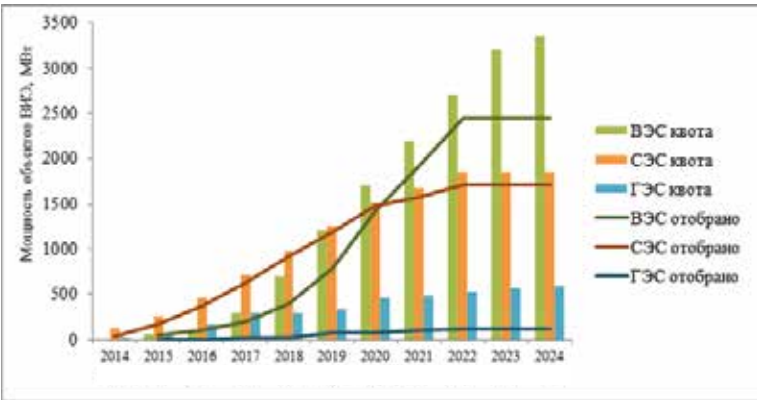
Ожидается, что дефицит ввода объектов ВИЭ будет восполнен за счет реализации двух других мер стимулирования.

Предполагается установить на розничном рынке специальные повышенные тарифы для производителей энергии на основе ВИЭ для обеспечения окупаемости проектов за 15 лет [Постановление, 2015].

Для того чтобы получить такие тарифы, производитель должен соответствовать следующим условиям:

- производство электроэнергии должно осуществляться на квалифицированном генерирующем объекте;

Рис. 3. Мощность объектов ВИЭ, планируемых к вводу и фактически отобранных, по состоянию на 2017 год, нарастающим итогом, МВт



- объем производства электрической энергии квалифицированными объектами ВИЭ не должен превышать 5% прогнозных потерь территориальных сетевых организаций на территории субъекта;
- реализация проекта должна приводить к минимизации роста цен (тарифов) на электрическую энергию (мощность) для конечных потребителей розничного рынка электрической энергии (мощности);
- реализация проекта должна содействовать минимизации экологического ущерба;
- реализация проекта должна способствовать решению социальных задач на территории реализации инвестиционного проекта.

На сегодняшний день в рамках данного механизма не было реализовано ни одного проекта.

План мероприятий по стимулированию развития генерирующих объектов на основе возобновляемых источников энергии с установленной мощностью до 15 кВт предполагает обязательную покупку электроэнергии у частных владельцев микрогенерации на основе ВИЭ гарантирующими поставщиками и сетевыми компаниями. Физические лица, осуществляющие такие операции, освобождаются от налоговых обязательств.

В России полностью отсутствуют отечественные коммерчески успешные технологии производства ветрогенерирующих установок мегаваттного класса [Приказ, 2015]. Реализация требований по локализации применяемого иностранного оборудования потребовала создания новых производств. Запланировано построить совместные производства, где будут выпускать оборудование для ветроэлектростанций. Учредителями выступают:

- АО «ВетроОГК» (дочерняя компания АО «ОТЭК» (дивизион ГК «Росатом» по управлению неатомными активами) и Lagerway (Нидерланды);
- ООО «Фортум Энергия» (совместный фонд Fortum и «Роснано») и Vestas (Дания).
- ПАО «Энел Россия» и Siemens Gamesa (Германия, Испания).

Потребности в оборудовании солнечной энергетики для реализации запланированных вводов более чем на 80% покрываются отечественной компанией «Хевел» (совместное предприятие ГК «Ренова» и ОАО «Роснано»). Единствен-

ным иностранным игроком, принявшим участие в конкурсе на отбор проектов ВИЭ, оказалось ООО «Солар Системс» (учредитель – китайская компания Amur Sirius).

Что касается производства оборудования для малой гидроэнергетики, то гидротурбины малой мощности производят АО «НИИЭС», АО «Норд Гидро», ПАО «Силовые машины», ОАО «ТМЗ», АО «Тяжмаш», ЗАО «Инсэт». Тем удивительнее низкий уровень заинтересованности инвесторов в строительстве электростанций. Планируемые вводы объектов ВИЭ выглядят вполне реалистичными с учетом того, что есть отечественные производители соответствующего энергооборудования и планируется открытие новых.

Однако выбранный путь стимулирования внедрения ВИЭ может привести к ряду негативных последствий с точки зрения инновационного развития отечественных технологий по следующим причинам:

- Объем формируемого рынка объектов ВИЭ в России с учетом моделей обучения, предполагающих снижение себестоимости производства оборудования, недостаточен для конкурентоспособности российских производителей энергооборудования. Таким образом, нарушается один из основных принципов развития технологий для ВИЭ, приводящий к конечному снижению стоимости производства электроэнергии на таких объектах. В результате реализация проектов ВИЭ, скорее всего, приведет к тому, что издержки более дорогого производства электроэнергии, по сравнению с традиционными источниками, будут переложены на потребителей [Ратнер С.В., Клочков В.В., 2015].
- Рассмотренные меры стимулирования в ветроэнергетике будут реализованы преимущественно за счет иностранных технологий. Приняты требования по локализации производства, но остается открытым вопрос, произойдет ли трансферт технологий, критически важный для отечественного энергомашиностроения. Зарубежный опыт также показывает, что политика развертывания стимулирует инновационную деятельность в основном иностранных производителей [Dechezleprêtre A., Martin R., Bassi S, 2016; Huenteler J.; 2012]. В России механизмы стимулирования инвестиций в ВИЭ предполагают только мероприятия по созданию рынка, игнорируются стадии научных исследований и разработок.
- Современные исследования показывают, что для различных технологий необходимы разные меры поддержки [Huenteler J., 2016; Трачук А.В., 2011]. Для товаров массового производства необходим большой рынок, в идеале координируемый на международном уровне, для обеспечения необходимой экономии за счет масштаба и обучения в процессе производства. Для более крупного и сложного оборудования (ветряные турбины, геотермальные системы, атомные электростанции и приливные энергетические системы) политика развертывания должна выходить за рамки простого субсидирования масштаба производства. Необходимо масштабное финансирование НИОКР. Политика должна быть направлена на снижение технологической неопределенности инновационных продуктов. На рис. 4

приведена классификация технологий в зависимости от сложности их создания и масштабов производства.

- Инновационному развитию технологий ВИЭ препятствует жесткое закрепление одного вида применяемых технологий в рамках реализации инвестиционных проектов. Развитие технологий распределенной энергетики, в том числе на основе ВИЭ, непосредственно связано с проблемами транспортировки электроэнергии и поддержания устойчивости энергосистемы. В силу особенностей функционирования объектов ВИЭ (например, переменный режим работы) целесообразно применять набор разных технологий в рамках одного проекта, в том числе на основе традиционных источников энергии [Трачук А.В., 2010].

Рис. 4. Энергетические технологии в зависимости от масштаба производства и сложности создания

Масштаб производства		
Сложность создания продукта	высокая	низкий
		высокий
	низкая	
высокая	Инфраструктурные системы: транспортная система, электрические сети. Высототехнологичные продукты: газовые турбины, ветряные турбины	Сложные массовые продукты: электромашины, накопители энергии. Продукты со сложным производственным процессом: солнечные панели, топливные элементы
низкая	Низкотехнологичные продукты: малые гидротурбины, малые ветряные турбины	Продукты с непрерывным производственным процессом: биотопливо, стройматериалы

Отечественные технологии распределенной генерации на основе ископаемых источников энергии вполне конкурентоспособны по сравнению с зарубежными аналогами. Но в данном сегменте превалирует импорт, по различным направлениям он достигает 80% [Приказ, 2015], что также делает актуальной задачу стимулирования отечественных производителей.

Для развития распределенной энергетики и электроэнергетики в целом будет важно создать интеллектуальные сети (smart-grid). Их технологии позволяют объединять различные технологии генерации и накопления энергии, обеспечивают повышение надежности и безопасности энергоснабжения, предоставляют потребителям – владельцам собственных средств генерации и накопления возможности реализовывать излишки электроэнергии, производимой собственными источниками генерации, управлять спросом на электроэнергию и, как следствие, оптимизируют электрические нагрузки и могут снизить потребности в новых мощностях, которые пока отсутствуют.

Прогноз развития электроэнергетики до 2040 года свидетельствует о том, что основным трендом в мировой электроэнергетике будет совокупность следующих технологических прорывов:

- существенное снижение стоимости и повышение производительности технологий возобновляемой энергетики и когенерации малой мощности;
- радикальное удешевление и массовое распространение стационарных и мобильных технологий накопления электроэнергии на базе аккумуляторных батарей;

- переход к новым принципам управления энергосистемами и организации рыночных операций на базе новых информационных технологий [Прогноз, 2016].

Таким образом, стимулирование комплексных проектов, включающих совокупность различных технологий ВИЭ и традиционных объектов генерации, объединенных интеллектуальными сетями, позволит не только повысить эффективность энергосистем, но и обеспечить развитие отечественных производителей оборудования для различных сегментов распределенной энергетики.

ВЫВОДЫ

Анализ стимулирования расширенного внедрения объектов ВИЭ в России показал, что существует ряд проблем и барьеров, препятствующих инновационному развитию отечественных технологий распределенной энергетики. На наш взгляд, для их преодоления существующие механизмы необходимо дополнить следующими мерами:

- обеспечить финансирование научных исследований по созданию технологически сложных продуктов (ветротурбины, газовые турбины, smart grid), стимулировать создание испытательных лабораторий и сертификационных центров, где будет обеспечено сотрудничество производителей и научных учреждений, проверка и тестирование разработок с наименьшими бюрократическими барьерами;
- стимулировать экспорт отечественного оборудования (солнечные электростанции) для массового рынка, предоставляя экспортные субсидии, льготные экспортные кредиты и сопровождение на этапах международной сертификации;
- проводить сбалансированное развитие всех инновационных направлений в данном сегменте (ВИЭ, традиционные технологии распределенной генерации, интеллектуальные сети) за счет реализации проектов с возможностью использовать совокупность различных технологий.

Реализация обозначенных мер позволит проводить комплексную политику инновационного развития распределенной электроэнергетики с учетом интересов отечественных производителей оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жихарев А. (2017) Поддержка ВИЭ на розничных рынках: сигнал к действию // VygonConsulting. URL: https://vygon.consulting/upload/iblock/411/vygon_consulting_res_retail.pdf.
2. Зубакин В. А., Ковшов Н. М. (2015) Методы и модели анализа волатильности выработки ВИЭ с учетом цикличности и стохастичности // Эффективное Антикризисное Управление. № 4. С. 86–98.
3. Налбандян Г. Г., Жолнерчик С. С. (2018) Ключевые факторы эффективного применения технологий распределенной генерации в промышленности // Стратегические решения и риск-менеджмент. № 1. С. 80–87.
4. Новая схема поддержки возобновляемой энергетики

на основе платы за мощность: Анализ Постановления № 449 (2013) // Международная финансовая корпорация. URL: https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/0a3d858040c76575ad72bd5d948a4a50/Energy+Support+Scheme_Rus.pdf?MOD=AJPERES.

5. План мероприятий по стимулированию развития генерирующих объектов на основе возобновляемых источников энергии с установленной мощностью до 15 кВт (2017) // <http://static.government.ru/media/files/D7T1wAHJ0E8vEWst5MYzr5DOnhHFA3To.pdf>.
6. Постановление Правительства РФ от 23.01.2015 № 47 «О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации по вопросам стимулирования использования возобновляемых источников энергии на розничных рынках электрической энергии» // КонсультантПлюс. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_174584/.
7. Постановление Правительства РФ от 28.05.2013 № 449 (ред. от 28.02.2017) «О механизме стимулирования использования возобновляемых источников энергии на оптовом рынке электрической энергии и мощности» // КонсультантПлюс. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_146916/.
8. Приказ Минпромторга России от 31.03.2015 № 653 (ред. от 30.11.2016) «Об утверждении плана мероприятий по импортозамещению в отрасли энергетического машиностроения, кабельной и электротехнической промышленности Российской Федерации» // КонсультантПлюс. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_224909/.
9. Прогноз развития энергетики мира и России (2016) // Под ред. А. А. Макарова, Л. М. Григорьева, Т. А. Митровой; ИНИ РАН – АЦ при Правительстве РФ. М. 200 с.
10. Проект энергостратегии Российской Федерации на период до 2035 года (2017) // Министерство энергетики Российской Федерации. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/1920>.
11. Распоряжение Правительства РФ от 08.01.2009 № 1-р (ред. от 15.05.2018) «Об основных направлениях государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2024 года» // КонсультантПлюс. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_83805/.
12. Распределенная энергетика РФ и рынок энергетических установок. Итоги 2014 года. Тенденции 2015 года. Прогноз до 2017 года. Расширенная версия (2015) // INFOLine. URL: http://infoline.spb.ru/shop/issledovaniya-gynkov/page.php?ID=97202&sphrase_id=123951.
13. Ратнер С. В., Клочков В. В. (2015) Анализ эффективности локализации в России производства оборудования для «зеленой» энергетики // Финансовая аналитика: проблемы и решения. № 38. С. 2–14.
14. Трачук А. В., Линдер Н. В. (2018) Технологии распределенной генерации: эмпирические оценки факторов

применения // Стратегические решения и риск-менеджмент. № 1. С. 32–49.

15. Трачук А. В. (2010) Риски роста концентрации на рынке электроэнергии/Энергорынок. № 3. С. 28–32.
16. Трачук А. В. (2011) Развитие механизмов регулирования электроэнергетики в условиях ее реформирования // Экономика и управление. № 2 (64). С. 60–63.
17. Трачук А. В., Линдер Н. В., Зубакин В. А. и др. (2017) Перекрестное субсидирование в электроэнергетике: проблемы и пути решения. СПб.: Реальная экономика. 121 с. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29835475>.
18. Федеральная служба государственной статистики ([б.г.]). URL: www.gks.ru.
19. Ховалова Т. В. (2017) Моделирование эффективности перехода на собственную генерацию // Эффективное Антикризисное Управление. № 3 (102). С. 44–57.
20. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года (2009) // Министерство энергетики Российской Федерации. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/1026/>.
21. Dechezleprêtre A., Martin R., Bassi S. (2016) Climate change policy, innovation and growth // The Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment, Global Green Growth Institute. URL: <http://www.lse.ac.uk/GranthamInstitute/wp-content/uploads/2016/01/Dechezlepretre-et-al-policy-brief-Jan-2016.pdf>.
22. Hannes B., Abbott M. (2013) Distributed energy: Disrupting the utility business model // Bain & Company. URL: http://www.bain.com/Images/BAIN_BRIEF_Distributed_energy_Disrupting_the_utility_business_model.pdf
23. Hossain M. S., Madloul N. A., Rahim N. A. et al. (2016) Role of smart grid in renewable energy: An overview //

Renewable and Sustainable Energy Reviews. Vol. 60. P. 1168–1184

24. Huenteler J. (2012) Japan’s post-Fukushima challenge – implications from the German experience on renewable energy policy // Energy Policy. № 45. P. 6–11.
25. Huenteler J., Schmidt T. S., Ossenbrink J. et al. (2016) Technology life-cycles in the energy sector – Technological characteristics and the role of deployment for innovation // Technological Forecasting & Social Change. Vol. 104. P. 102–121.
26. Bayod Rujula A. A., Mur Amada J., Bernal-Aguistin J. L. et al. (2005) Definitions for Distributed Generation: a revision. // RE&PQJ. Vol. 1, № 3. P. 341.
27. Lazard’s levelized cost of energy analysis – version 11.0 (2017) // Lazard URL: <https://www.lazard.com/media/450337/lazard-levelized-cost-of-energy-version-110.pdf>.
28. New Energy Outlook 2017 // Bloomberg New Energy Finance. URL: https://www.res4med.org/wp-content/uploads/2017/06/BNEF_NEO2017_ExecutiveSummary.pdf.
29. Owens B. (2014) The rise of distributed power // General Electric Company. URL: <https://www.ge.com/sites/default/files/2014%2002%20Rise%20of%20Distributed%20Power.pdf>.
30. Ram M., Bogdanov D., Aghahosseini A. et al. (2017) Global Energy System based on 100% Renewable Energy – Power Sector // Lappeenranta University of Technology and Energy Watch Group. URL: <http://energywatchgroup.org/wp-content/uploads/2017/11/Full-Study-100-Renewable-Energy-Worldwide-Power-Sector.pdf>.
31. Rubin E. S. (2015) A review of learning rates for electricity supply technologies // Energy Policy. Vol. 86. P. 198–218.